

PEMANFAATAN TEKNOLOGI SONIKASI TAK LANGSUNG DALAM RANGKA PRODUKSI KITOSAN

Zainal Arifin*

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda

*Email: iffien_solo@yahoo.com

Abstrak-Keberhasilan produksi kitosan dengan metode termokimiawi telah diketahui. Kitosan dihasilkan melalui proses deasetilasi kitin menggunakan alkali kuat pada konsentrasi tinggi, suhu tinggi, dan waktu yang lama. Inovasi teknologi diperlukan untuk mendapatkan proses produksi kitosan yang lebih efisien dengan hasil optimal. Ultrasonikasi-kimia adalah inovasi teknologi yang digunakan pada penelitian ini dalam rangkaproduksi kitosan berbasis limbah udang dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik 42 kHz. Sejumlah kitin (2 g) ditambahkan larutan NaOH dengan variasi konsentrasi antara 55-70% menurut rasio tertentu dalam erlenmeyer yang terpasang pada ultrasonic bath bersuhu 70°C. Ultrasonik dijalankan dengan berbagai variasi waktu (10-30 menit). Kitosan yang dihasilkan dicuci hingga netral dan dikeringkan kemudian dianalisis derajat deasetilasinya menggunakan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Interpretasi nilai derajat deasetilasi dilakukan dengan metode baseline Sabnis and Block. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi terbaik deasetilasi tercapai pada konsentrasi NaOH 70% dan waktu reaksi 30 menit. Penggunaan gelombang ultrasonik untuk deasetilasi mampu mereduksi waktu reaksi deasetilasi sehingga dapat dikatakan lebih efisien. Hasil uji kualitas kitosan dengan parameter kadar air, kadar abu, viskositas, dan derajat deasetilasi masing-masing adalah 9.94%, 0.34%, 3.2 cP, dan 85.02%. Kitosan yang dihasilkan larut sempurna dalam asam asetat 1% dan secara umum sesuai untuk aplikasi bidang pangan.

Kata kunci: derajat deasetilasi, kitin, kitosan, ultrasonik

Abstrack-Thermochemically preparation of chitosanis as well as known. Chitosanis producedthroughthedeacetylationof chitinusingstrongalkaliat high concentrations, high temperatures, and a long time. Technological innovationhas requiredtoobtainchitosanproduction processmore efficient. In this paper indirect sonocationtechnology used to produce ofchitosan-based shrimp wasteusingultrasonicbath which offrequency 42kHz. A number ofchitin(2g) was added a solution ofNaOHwithconcentration between55-70% toa certain ratio.The mixture was irradiated in the ultrasonic bath at a set temperature (70°C) for a controlled period (10-30min). Chitosanwas neutralizedand driedthen analyzedof degree of deacetylation usingFourier Transform InfraredSpectroscopy(FTIR). The degree of deacetylation was interpreted by the SabnisandBlock baseline method. The results showedthat thebestcondition fordeacetylationwas achieved in70%of NaOH and reaction time30 min. Theparameters moisture content, ash content, viscosity, anddegree ofdeacetylation were found to be 9.94%, 0.34%, 3.2 cP, 85.02%, respectively. Chitosancompletely dissolvedin1%of aceticacidand suitablefor food application as edible film.

Keywords: chitin, chitosan, degree of deacetylation, ultrasound

PENDAHULUAN

Industri pengolahan udang beku menghasilkan limbah berupa kaki, ekor, kulit badan, dan kepala udang. Bagian dari udang yang menjadi limbah berkisar antara 30-75% (Swastawati dkk, 2008). Perkembangan iptek menghasilkan metode pengolahan limbah udang menjadi kitosan yang memiliki harga jual hingga 7.500.000 per kg (Prasetyaningrum dkk, 2007). Kitosan diproduksi melalui urutan proses yaitu ekstraksi kitin dilanjutkan deasetilasi. Kitosan dapat diaplikasikan pada bidang farmasi,

pangan, dan industri lainnya berdasarkan nilai derajat deasetilasinya (Suptijah, 2004).

Penelitian pengolahan limbah udang menjadi kitosan telah banyak dilakukan. Produksi secara kimiawi telah dilakukan oleh: Swastawati, dkk (2008), Yuliusman dan Ameria (2009), Puspawati dan Simpen (2010). Kitosan dihasilkan dari transformasi kitin yang diekstraksi dari limbah udang melalui proses deasetilasi menggunakan alkali kuat pada konsentrasi tinggi, suhu tinggi, dan waktu yang cukup lama (Arifin dkk, 2011). Kemajuan iptek mendorong terciptanya inovasi di bidang teknologi

proses. Ultrasonikasi-kimia adalah inovasi teknologi yang digunakan pada penelitian ini dalam rangka produksi kitosan berbasis limbah udang dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. Kelebihan teknik ultrasonikasi antara lain: proses cepat dan mudah, tidak membutuhkan banyak penambahan bahan kimia, tidak mengakibatkan perubahan yang signifikan pada struktur kimia partikel dan senyawa bahan baku yang digunakan (Dolatowski dkk, 2007).

Teknik ultrasonikasi telah digunakan pada ekstraksi kitin *Pandalus borealis* (Kjartansson dkk, 2006), dan ekstraksi protein biji sorgum (Zhao dkk, 2008). Sintesis biodiesel dengan bantuan ultrasonik telah dilakukan pada bahan baku minyak jelantah (Babajide dkk, 2009) dan CPO (Thaiyasiut dan Pianthong, 2011). Gelombang ultrasonik juga berhasil diaplikasikan pada proses emulsifikasi bahan pangan dan pengolahan air limbah (Sargolzaei dkk, 2011; Mahamuni dan Adewuyi, 2010). Berdasarkan keberhasilan tersebut, diprediksi gelombang ultrasonik dapat diterapkan untuk proses deasetilasi kitin dari limbah udang dalam rangka produksi kitosan sehingga prosesnya lebih efisien.

METODE PENELITIAN

BahandanAlat

Limbah udang (ekor, kulit dan kepala) diperoleh dari PT Syam Surya Mandiri (SSM) yang terletak di Kecamatan Anggana, Kabupaten Kutai Kartanegara dalam kondisi kering. Limbah udang terdiri dari campuran jenis udang windu (*Penaeus monodon*) dan werus (*Metapenaeus monoceros*) dengan komposisi yang tidak diketahui dan ukuran yang tidak seragam. Bahan kimia NaOH dan HCl dengan spesifikasi *analytical grade* diperoleh dari E-Merck, Jerman.

Peralatan penelitian yang digunakan adalah: *disk mill*, ayakan (US Sieve) No. 4-50, timbangan analitik (Pioneer Ohaus PA214), oven (Mommert), *ultrasonic bath* (Branson 1510), serangkaian alat titrasi.

Metode

Kitosan diperoleh melalui 2 tahap proses, yaitu: ekstraksi kitin dan deasetilasi kitin. Kitin dapat diisolasi dari limbah udang melalui proses demineralisasi kemudian dilanjutkan deproteinasi. Untuk penelitian ini, kitin diperoleh dengan metode konvensional (tanpa penggunaan ultrasonik) berdasarkan metode yang digunakan Arifin, dkk (2011). Sejumlah kitin (2 g) ditambahkan larutan NaOH 70% dengan rasio 1:20 dalam erlenmeyer yang terpasang pada *ultrasonic bath* bersuhu 70°C (Gambar 1). Ultrasonik dijalankan dengan

berbagai variasi waktu (10-30 menit). Kitosan yang dihasilkan dicuci hingga netral dan dikeringkan kemudian dianalisis derajat deasetilasinya dengan alat *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).



Gambar 1. *Ultrasonic bath* untuk proses deasetilasi

Teknik Analisis

Kadar air dan abu dianalisis menggunakan metode AOAC. Viskositas kitosan dalam larutan asam asetat diukur menggunakan alat viscometer Brookfield DV-I. Untuk nilai derajat deasetilasi dianalisis menggunakan metode baseline Sabnis and Block. Absorbansi dihitung pada bilangan gelombang 1655 dan 3450 cm^{-1} . Persamaan yang digunakan adalah:

$$DD = 97,67 - \left[\left(\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \times 26,486 \right) \right] \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, variabel yang akan diamati adalah konsentrasi NaOH dan waktu deasetilasi. Hasil penelitian Arifin dkk (2011) digunakan sebagai dasar untuk melakukan variasi variabel. Konsentrasi NaOH, suhu, rasio bahan, dan waktu deasetilasi yang digunakan adalah 70%, 100°C, 1:20, dan 1 jam dengan derajat deasetilasi yang diperoleh 80.59%. Penggunaan gelombang ultrasonik diharapkan dapat menurunkan kondisi operasi deasetilasi sehingga lebih efisien dan diperoleh kualitas kitosan yang lebih baik.

a. Pengaruh konsentrasi NaOH

Untuk mendapatkan pengaruh konsentrasi NaOH pada proses deasetilasi kitin berbantuan gelombang ultrasonik, dilakukan variasi konsentrasi NaOH antara 55-70% dan waktu 20 dan 30 menit. Hasil penelitian dengan variasi konsentrasi NaOH disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap sifat kitosan

No.	Konsentrasi NaOH (%)	Waktu (menit)	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Yield	Ket.
1	70	30	2.0722	1.5298	0.7382	L
2	70	20	2.0795	1.7809	0.8564	LS
3	65	30	2.0815	1.6858	0.8099	LS
4	65	20	2.0447	1.7626	0.8620	TL
5	60	30	2.0081	1.8219	0.9073	TL
6	60	20	2.0244	1.8537	0.9157	TL
7	55	30	2.0302	1.8580	0.9152	TL
8	55	20	2.0190	1.8513	0.9169	TL

Keterangan L : Larut; LS : Larut sebagian; TL : Tidak larut

Proses deasetilasi dengan menggunakan larutan NaOH konsentrasi tinggi, dalam larutannya NaOH akan terurai menjadi ion Na^+ dan OH^- . Setelah itu terjadi reaksi adisi, gugus OH^- masuk ke dalam gugus NHCOCH_3 yang lebih elektropositif dan terjadi eliminasi gugus CH_3COO^- sehingga dihasilkan suatu amida yaitu kitosan serta garam natrium asetat sebagai hasil samping. Reaksi deasetilasi kitin dengan basa kuat yang terjadi diperkirakan mengikuti reaksi seperti Gambar 2.2. Pada prinsipnya, semakin pekat larutan NaOH (konsentrasi tinggi) yang digunakan, akan menyumbangkan gugus OH^- yang semakin banyak, sehingga gugus CH_3COO^- yang tereliminasi juga semakin banyak dan menghasilkan gugus amida yang semakin banyak pula. Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 1), kenaikan konsentrasi NaOH pada deasetilasi memberikan efek perubahan fisik kitosan yang dihasilkan, yaitu: pengurangan massa (*yield*) dan kelarutan.

Transformasi kitin menjadi kitosan mengakibatkan berkurangnya massa awal. Pengurangan massa dari percobaan berkisar antara 9-26%. Semakin besar konsentrasi NaOH maka pengurangan massa yang terjadi akan semakin banyak pula. Pengurangan massa ini terjadi karena adanya transformasi dari gugus asetil yang berikatan dengan atom nitrogen menjadi gugus amina (terjadi penghilangan gugus asetil) dimana berat molekul gugus asetil yang berikatan dengan atom nitrogen lebih besar daripada gugus amina. Semakin banyak gugus asetil yang terputus (deasetilasi) maka pengurangan massa (*yield*) juga semakin besar. Hal ini terbukti dengan penggunaan waktu reaksi yang sama dan konsentrasi NaOH yang berbeda yaitu dengan waktu 30 menit, konsentrasi NaOH 60 dan 70% maka *yield* yang diperoleh adalah 0.9073 dan 0.7382%. Hal ini

sesuai dengan pernyataan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH maka akan menyumbangkan gugus OH^- yang semakin banyak sehingga pemutusan gugus asetil semakin banyak yang menyebabkan pengurangan massa (*yield*) meningkat.

Kelarutan kitosan dalam asam asetat berhubungan erat dengan derajat deasetilasi kitosan yang dihasilkan (Qin dkk, 2006). Kelarutan kitosan dalam asam asetat menandakan bahwa semakin banyak gugus asetil yang terpotong dan tergantikan dengan gugus amina pada proses deasetilasi. Kelarutan kitosan disebabkan oleh adanya H pada amina yang memudahkan interaksi dengan air melalui ikatan hidrogen. Adanya gugus karboksil dalam asam asetat akan memudahkan kelarutan kitin dan kitosan karena adanya interaksi hidrogen antara gugus karboksil dengan gugus amina dari keduanya. Ketidaklarutan kitosan lebih disebabkan karena sedikitnya gugus amina yang dihasilkan pada proses deasetilasi sehingga adanya H pada amina tidak cukup mampu membentuk ikatan hidrogen (Kaban, 2009). Menurut *European Chitin Society (EUCHIS)*, kitin dan kitosan diklasifikasikan berdasarkan kelarutannya dan ketidaklarutannya dalam asam asetat 0.2 M (setara dengan asam asetat 1%). Kitosan larut sedang kitin tidak larut. Berdasarkan pernyataan di atas, proses deasetilasi pada konsentrasi NaOH 65% (waktu 30 menit) dan 70% (waktu 20 dan 30 menit) dapat dikatakan sebagai kitosan karena produk kitosan yang dihasilkan larut (NaOH 70%, 30 menit) dan larut sebagian (NaOH 70%, 20 menit dan NaOH 65%, 30 menit). Sehingga perlu dilakukan variasi waktu deasetilasi dengan konsentrasi NaOH 70% untuk menentukan waktu terbaik pada proses deasetilasi serta melihat nilai derajat deasetilasi yang diperoleh untuk setiap produk kitosan dengan variasi waktu yang digunakan. Pengaruh gelombang ultrasonik ternyata belum memberikan efek yang signifikan untuk mengefisienkan penggunaan bahan kimia (NaOH). Hal ini dapat disebabkan oleh jenis

ultrasonik yang digunakan atau frekuensi gelombang ultrasonik kurang tinggi ($> 42 \text{ kHz}$).

b. Pengaruh waktu deasetilasi

Untuk mengetahui pengaruh waktu deasetilasi, dilakukan variasi waktu antara 10-30 menit pada penggunaan konsentrasi NaOH 70%. Suhu deasetilasi ditetapkan 70°C . Data yang diperoleh terlihat seperti pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Pengaruh waktu deasetilasi terhadap derajat deasetilasi

No.	Waktu (menit)	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Yield (%)	Ket.	DD (%)
1	10	2.0765	1.8587	89.51	TL	69.06
2	15	2.0696	1.8085	87.38	LS	69.03
3	20	2.0602	1.6125	78.27	LS	71.19
4	25	2.0623	1.5896	77.08	L	78.53
5	30	2.0075	1.5403	76.73	L	85.02

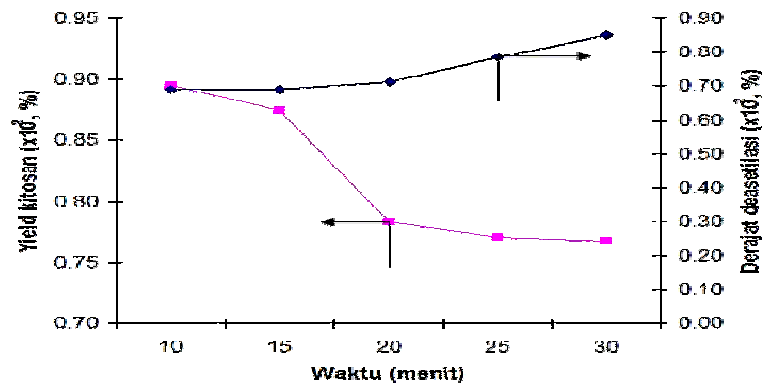
Keterangan L : Larut; LS : Larut sebagian; TL : Tidak larut

Tabel 2 memperlihatkan nilai derajat deasetilasi sebagai fungsi waktu. Derajat deasetilasi dihitung menggunakan metode *baseline* Sabnis dan Block, (1997) dimana metode ini berdasarkan pada jumlah gugus asetil yang terputus ikatannya dari kitin sehingga menjadi gugus NH_2 dengan bantuan NaOH sehingga terbentuk menjadi kitosan. Berdasarkan hasil penelitian di atas, semakin lama waktu proses, reaksi akan berlangsung semakin lama sehingga gugus OH yang teradisi ke molekul kitin semakin banyak dan menyebabkan gugus asetil yang terlepas pun semakin banyak. Hal ini terlihat pada saat penggunaan waktu reaksi 20-30 menit dengan nilai derajat deasetilasi yang terus meningkat. Kenaikan waktu 5 menit dari 20 ke 25 menit menaikkan nilai derajat deasetilasi sebesar 7.34% yaitu dari 71.19% menjadi 78.53%. Sedangkan waktu 25 ke 30 menit, derajat deasetilasi naik sebesar 6.49% yaitu dari 78.53% menjadi 85.02%. Ini dikarenakan semakin banyak gugus asetil yang terputus sehingga kelarutan dan derajat deasetilasinya juga semakin besar. Namun reaksi deasetilasi pada penelitian ini juga dibantu dengan

gelombang ultrasonik. Fenomena kavitasi dari penggunaan gelombang ultrasonik yang dimanfaatkan untuk reaksi deasetilasi.

Kavitasi yang terjadi memberikan efek peningkatan transfer massa dan laju reaksi kimia antar reaktan di dalam reaktor. Sedangkan kavitasi terjadi karena ketidakseimbangan kecepatan pengerutan dan pengembangan amplitudo sehingga memicu proses pembentukan, pertumbuhan, dan pecahnya gelembung mikro (*microbubbles*) dalam cairan yang memberikan efek fisik dan kimia dalam sistem padat-cair atau cair-cair. Kavitasi berimplikasi pada tumbuhnya gelembung di dalam cairan yang berisi gas. Hal inilah yang menyebabkan peningkatan transfer massa, yaitu transfer gugus OH^- yang teradisi ke molekul kitin dan laju reaksi kimia yaitu waktu deasetilasi yang dicapai semakin singkat karena terciptanya tumbukan-tumbukan antar molekul sehingga memungkinkan reaksi berjalan secara maksimal dan lebih cepat. Hal inilah yang diharapkan, reaksi deasetilasi dapat dipercepat sehingga waktu proses lebih singkat dan memperoleh kitosan dengan derajat deasetilasi tinggi.

Hubungan antara waktu deasetilasi dengan *yield* dan derajat deasetilasi disajikan pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Hubungan antara waktu deasetilasi dengan *yield* dan derajat deasetilasi

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa seiring dengan bertambahnya waktu reaksi menyebabkan *yield* dan derajat deasetilasi semakin meningkat atau dapat dikatakan, waktu reaksi berbanding lurus dengan *yield* dan derajat deasetilasi produk kitosan yang dihasilkan. Perbandingan hasil kitosan menggunakan teknik ultrasonikasi-kimia dengan metode termokimiawi oleh beberapa peneliti terlihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Perbandingan hasil penelitian

Parameter	Rokhati (2006)	Arifin dkk (2011)	Penelitian ini
Metode	Termokimiawi	Termokimiawi	Ultrasonikasi-kimia
Konsentrasi NaOH (%)	50	70	70
Suhu (°C)	100	100	70
Waktu (menit)	60	60	30
Derajat Deasetilasi (%)	71.2	80.59	85.02
Kelarutan dalam asetat 1%	Larut	Larut	Larut

Secara umum, berdasarkan perbandingan hasil penelitian pada Tabel 3 menunjukkan bahwa gelombang ultrasonik dapat mengefisienkan waktu dan suhu deasetilasi. Waktu deasetilasi menjadi lebih singkat yaitu 30 menit dengan suhu proses deasetilasi yang tidak terlalu tinggi yaitu 70 °C yang artinya proses ini tidak terlalu banyak menghabiskan energi serta mendapatkan produk kitosan dengan derajat deasetilasi yang lebih besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, penggunaan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 42 kHz dapat mengefisienkan waktu deasetilasi kitin dari sampel limbah udang Delta Mahakam. Beberapa kesimpulan penting lainnya adalah sebagai berikut:

1. Kondisi operasi deasetilasi terbaik sebagai fungsi konsentrasi NaOH dan waktu adalah 70% dan 30 menit dengan derajat deasetilasi 85.02%.
2. Kitosan yang dihasilkan memiliki kadar air 9.94%, kadar abu 0.34%, viskositas 3.2 cP dan derajat deasetilasi 85.02% yang sesuai untuk aplikasi bidang pangan.

DAFTAR PUSTAKA

AOAC, 1999, "Official Methods of Analysis of AOAC International", 5th revision, Vol. 2., Cunniff P (Editor), Maryland: AOAC International.

Arifin, Z., Irawan, D., Rahim, M., 2011, "Produksi Kitosan Berbasis Limbah Udang Delta Mahakam: Tinjauan Proses dan Aplikasi", *Interpena*, Yogyakarta.

Babajide, O., Petrik, L., Amigun, B., Ameer, F., 2009, "Low-Cost Feedstock Conversion To Biodiesel via Ultrasound Technology", *Energies*, 3, pp. 1691-1703.

Dolatowski, Z.J., Stadnik, J., Stasiak, D., 2007, "Application of Ultrasound in Food Technology", *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 6(3), pp. 89-99.

Kaban, J., 2009, "Modifikasi Kimia dari Kitosan dan Aplikasi Produk yang Dihasilkan", Naskah Pidato Pengukuhan Jabatan Guru

- Besar Tetap Dalam Bidang Kimia Organik Sintesis Pada Fakultas MIPA, Universitas Sumatra Utara
- Kjartansson, G.T., Zivanovic, S., Kristbergsson, K., Weiss, J., 2006, "Sonication-Assisted Extraction of Chitin from North Atlantic Shrimps (*Pandalus borealis*)", *J.Agric.Food.Chem.*, 54, pp. 5894-5902.
- Mahamuni, N.N. dan Adewuyi, Y.G., 2010, "Advanced Oxidation Processes (AOPs) Involving Ultrasound for Waste Water Treatment: A Review with Emphasis on Cost Estimation", *Ultrasonics Sonochemistry*, 17, pp. 990-1003.
- Prasetyaningrum, A., Rokhati, N., Purwintasari, S., 2007, "Optimasi derajat deasetilasi pada proses pembuatan chitosan dan pengaruhnya sebagai pengawet pangan", *Riptek*, Vol. 1(1), hal 39-46.
- Puspawati, N.M. dan Simpen, I.N., 2010, "Optimasi deasetilasi khitin dari kulit udang dan cangkang kepiting limbah restoran *seafood* menjadi khitosan melalui variasi konsentrasi NaOH", *Jurnal Kimia* 4 (1),hal 79-90.
- Qin, C., Li, H., Xiao, Q., Liu, Y., Zhu, J., Du Y., 2006, "Water-Solubility of Chitosan and Its Antimicrobial Activity", *Carbohydrate Polimers*, 63, pp. 367-374.
- Rokhati, N., 2006, "Pengaruh derajat deasetilasi khitosan dari kulit udang terhadap aplikasinya sebagai pengawet makanan", *Reaktor*, Vol. 10, No. 2, hal 54-58.
- Sabnis, S. dan Block, L.H., 1997, "Improved infrared spectroscopic method for the analysis of degree of *N*-deacetylation of chitosan", *Polym Bull.*, Vol. 39, pp 67-71.
- Sargolzaei, J., Mosavian, M.T.M., Hassan, A., 2011, "Modeling and Simulation of High Power Ultrasonic Process in Preparation of Stable Oil-in-Water Emulsion", *Journal of Software Engineering and Application*, 4, pp. 259-267.
- Suptijah, P., 2004, "Tingkat kualitas kitosan hasil modifikasi proses produksi", *Buletin Teknologi Hasil Pertanian*, Volume VII, No. 1, hal. 56-67.
- Swastawati, F., Wijayanti, I. dan Susanto, E., 2008, "Pemanfaatan limbah kulit udang menjadi *edible coating* untuk mengurangi pencemaran lingkungan", *Jurnal Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti*, 4(4),hal. 101-106.
- Thaiyasiut, I.W.P. dan Pianthong, K., 2011, "Ultrasonic Irradiation Assisted Synthesis of Biodiesel from Crude Palm Oil Using Surface Response Methodology", *SWU Engineering Journal*, 6(1), pp. 16-30.
- Yuliusman dan Ameria, 2009, "Optimasi metode pengambilan kembali logam nikel dari *spent catalyst* NiO/Al₂O₃ menggunakan kitosan dari cangkang rajungan sebagai adsorben", *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia-SNTKI 2009*, ITB, Bandung.
- Zhao, R., Beam, S.R., Wang, D., 2008, "Sorghum Protein Extraction by Sonication and Its Relationship to Ethanol Fermentation", *Cereal Chem.*, 86(6), pp. 837-842.